

KINETIKA ADSORPSI WARNA LIMBAH TEKSTIL DENGAN ABU SEKAM PADI MENGUNAKAN REAGEN TAWAS

Okik Hendriyanto Cahyonugroho

Dosen Teknik Lingkungan Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jatim

e-mail : okikhendriyanto@yahoo.com

Abstrak

Abu sekam padi (ASP) mengandung lebih dari 90 % silika (SiO_2). Silika merupakan suatu senyawa yang dapat dipakai sebagai adsorben. $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ merupakan senyawa yang menyebabkan destabilisasi didalam air sehingga dapat berfungsi sebagai zat yang menyebabkan terjadinya ikatan hidrogen. Pada limbah cair tekstil, zat warna yang terlarut didalam air dapat diserap oleh ASP. Agar proses adsorpsi berlangsung cepat maka perlu ditambahkan reagen.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas ASP dalam menyerap warna dalam limbah tekstil. Hal ini dapat ditunjukkan oleh kinetika adsorpsi dari ASP tersebut. Metode penelitian menggunakan regresi linier untuk menentukan konstanta adsorpsinya. Variabel yang diperiksa adalah volume reagen, berat ASP dan waktu pengadukan yang digunakan untuk menghitung konstanta laju adsorpsi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar berat ASP, semakin besar konstanta adsorpsi dan semakin besar volume reagen semakin besar konstanta adsorpsi. Efektifitas adsorpsi ditunjukkan oleh konstanta adsorpsi yang paling tinggi yaitu pada volume reagen yang terbanyak (7,5ml) dan penambahan ASP paling banyak (20 gr)

Kata kunci : abu sekam padi, adsorpsi, tawas, warna

Abstract

Rice Husk Ash (ASP) contains more than 90 % silica (SiO_2). Silica represent a compound which can be applied as adsorben. $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ represent the compound which caused underwater destabilization so that can function as the cause of hydrogen bondings. At liquid waste of textile underwater dissolved colour can be permeated by ASP. To make adsorption process take place quickly, the process needs to be enhanced by reagen.

This research aim to know the Effectiveness of ASP in colour permeating in textile waste. This matter can be shown by kinetics adsorption of the ASP. Research method use the linear regression to determine the adsorption constant. Variable checked by volume reagent, weight of ASP and squaler time used to calculate the fast constant of adsorption.

Result of research indicate that the more the weight of ASP, the greater the constant of adsorption and ever greater of ever greater volume reagent of its constant of adsorption. The effectivity of adsorption is shown by the highest adsorption constant that is at the most numerous volume of reagent (7,5ml) and the most numerous addition of ASP (20 gr)

Keywords : rice husk ash, adsorption, alum, colour

Pendahuluan

Latar belakang

Industri tekstil dapat menimbulkan dampak-dampak terhadap lingkungan baik dampak positif maupun negatif. Dampak negatif yang ditimbulkan salah satunya adalah limbah cair dari proses produksi yang harus diolah dulu

sebelum dibuang kelingkungan. Apabila limbah tekstil tidak diolah lebih dulu dapat menimbulkan turunnya kualitas lingkungan.

Warna limbah cair tidak dikategorikan sebagai parameter bakumutu limbah cair industri. Tetapi warna merupakan indikator yang efisien untuk pengolahan limbah cair. Zat kimia seperti asam humic, humats, tanin, lignin dan senyawa-

senyawa logam dapat menyebabkan warna dalam limbah cair.

Proses adsorpsi merupakan cara yang efisien dan efektif untuk menghilangkan zat warna dalam limbah cair industri tekstil, tetapi untuk mendapatkan adsorben yang bagus kualitasnya membutuhkan biaya mahal. Penggunaan adsorben alami banyak dikembangkan misalnya dengan batu-batuan, zeolit, sepiolit, abu sekam gandum, dan kompos. Abu sekam padi yang diperoleh dari pembakaran sekam padi mengandung silika berhablur lebih dari 90 %. Abu sekam padi juga dapat digunakan untuk membuat zeolit sintesis(tiruan) bersilika tinggi.

Kualitas suatu adsorben perlu diketahui apabila akan digunakan. Oleh karena itu penelitian tentang faktor-faktor yang berpengaruh dalam proses adsorpsi perlu dipelajari. Adsorpsi diharapkan akan memberi hasil yang baik jika adsorben banyak berinteraksi dengan contoh limbah. Maka dari itu tipe reaktor dengan tangki berpengaduk diharapkan bisa memaksa interaksi antara contoh limbah dan adsorben.

Tujuan penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinetika adsorpsi zat warna limbah cair industri tekstil dengan abu sekam padi dan untuk mendapatkan variabel-variabel perancangan adsorpsi yang dapat digunakan untuk perancangan reaktor.

Teori

Zat warna dalam limbah tekstil

Industri tekstil menempati urutan pertama dalam penggunaan zat warna untuk pewarnaan serat diantara berbagai macam industri. Sampai saat ini lebih dari 9000 tipe zat warna dapat dikelompokkan dalam indeks warna(Alam, 2004).

Sisa-sisa zat warna dari proses pewarnaan (dyeing) biasanya sulit didegradasi dengan pengolahan biologi. Secara berurutan tingkat kesulitan degradasi kelompok-kelompok zat warna adalah:

Direk = Sulfur < Mordant = Reaktif < Kation < Dispersi < Asam < Vat (Marmagne dkk, 1996).

Adsorpsi dan model adsorpsi

Sawyer mendefinisikan adsorpsi sebagai serangkaian proses yang terdiri atas reaksi-reaksi permukaan zat padat (adsorben) dengan zat pencemar (adsorbat), baik pada fasa cair maupun gas. Karena adsorpsi adalah fenomena permukaan, maka kapasitas adsorpsi dari suatu adsorben merupakan fungsi luas permukaan

spesifik. Ada 3 jenis adsorpsi yaitu: Adsorpsi Fisika, Kimia dan Adsorpsi Pertukaran.

Model adsorpsi merupakan tiruan dari suatu kondisi nyata yang menekankan pada aspek-aspek yang dianggap penting dan mengabaikan aspek-aspek lainnya. Pada proses adsorpsi, telah banyak dikembangkan, tetapi pengembangan model-model itu tidak lepas dari model adsorpsi yang umum digunakan, yaitu model isoterm Langmuir dan Freundlich.

Abu sekam padi

Abu sekam padi (ASP) yang diperoleh dari pembakaran sekam padi mengandung silika berhablur lebih dari 90 %. ASP dapat digunakan untuk membuat zeolit sintesis(tiruan) bersilika tinggi(Ramli dan Bahruji,2003). Silika (SiO_2) dalam ASP berkisar antara 90 - 97%. Kandungan sisanya adalah terdiri dari CaO , MgO , K_2O dan Na_2O . Pori-pori ASP menjadi lebih besar apabila pirolisa dilakukan pada suhu yang lebih tinggi (Bharadwaj, 2004).

Berikut ini adalah data kuantitatif ASP (berwarna putih) dari pembakaran pada suhu 400 °C selama 3 jam (Mahvi dkk, 2004). :

1. Kandungan senyawa penyusunnya :

- $\text{SiO}_2 = 96,34 \%$
- $\text{K}_2\text{O} = 2,3 \%$
- $\text{MgO} = 0,45 \%$
- $\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,41 \%$
- $\text{CaO} = 0,41 \%$
- $\text{Fe}_2\text{O} = 0,2 \%$

2. Luas permukaan (surface area) = 50,14 m^2/gr

3. Volume pori = 0,182 ml/gr

4. Diameter pori = 14,49 nm

Prinsip penyerapan zat warna oleh abu sekam padi

Senyawa-senyawa kimia terdistribusi dengan sendirinya kedalam larutan air. Senyawa-senyawa tersebut ada yang bersifat polar (distribusi rapat elektronnya tidak merata) Fowkes (1964) menggambarkan bahwa sebagian besar mineral alam (Si, Al, Fe) yang berada dalam air bersifat polar akibat ikatan kombinasinya dengan hydrogen ($-\text{H}-$) dan hidroksil ($-\text{O}-\text{H}-$) yang berada dilapisan luar dari mineral tersebut. Adanya ikatan-ikatan polar dilapisan luar tersebut memungkinkan untuk mengikat senyawa-senyawa lainnya dalam larutan. Fenomena adsorpsi pada atom atom mineral dan ligan ataupun anion-anion (oksida, karbonat) digambarkan membentuk lempengan. Pada lempengan tersebut dibagian lapisan luar dari atom-atom mineral terdapat ikatan-ikatan dengan anion-anion atau ligan. Adsorbat yang berupa

ligan ataupun anion-anion dihubungkan oleh ikatan hidrogen (hidrogen bonds) dengan atom-atom mineral

Kinetika reaksi adsorpsi

Kinetika reaksi merupakan ilmu yang mempelajari proses reaksi dan bagaimana prosesnya berlangsung. Laju reaksi merupakan bagian dari kinetika reaksi. Laju reaksi merupakan perubahan konsentrasi pereaksi terhadap waktu. Tidak semua reaksi kimia dapat dipelajari kinetiknya. Reaksi-reaksi yang berlangsung sangat cepat seperti reaksi-reaksi ion dan reaksi pembakaran sulit dipelajari kinetiknya.

Persamaan laju reaksi adalah seperti persamaan 1. Tanda minus menunjukkan bahwa konsentrasi pereaksi berkurang. Persamaan tersebut juga berlaku untuk reaksi-reaksi fisis secara umum.

$$-r_A = dC_A / dt \dots\dots\dots 1$$

Reaksi fisis sering diistilahkan sebagai proses perpindahan massa yang mengikuti persamaan laju reaksi orde satu sehingga persamaan 1 menjadi persamaan 2

$$-r_A = k_{ads} dC_A / dt \dots\dots\dots 2$$

Hasil integrasi dari persamaan 2 dengan limit $C_A = C_{A0}$ sampai $C_A = C_A$ dan dari $t = 0$ sampai $t = t$ adalah persamaan 3. Apabila konversi didefinisikan sebagai persamaan 4, maka pada volume tetap persamaan 4 dapat ditulis seperti persamaan 5

$$\ln C_A / C_{A0} = -k_{ads} t \dots\dots\dots 3$$

$$X = (N_{A0} - N_A) / N_{A0} \dots\dots\dots 4$$

$$X = (C_{A0} - C_A) / C_{A0} \dots\dots\dots 5$$

Laju reaksi dilambangkan dengan $-r_A$, k_{ads} adalah konstanta laju reaksi, C_A adalah konsentrasi warna akhir, C_{A0} adalah konsentrasi warna awal, N_A adalah massa zat warna pada waktu t , N_{A0} adalah massa zat pada waktu $t = 0$ dan X adalah konversi zat warna.

Hubungan antara massa zat warna mula-mula dengan konversi dapat dilihat pada persamaan 6. Pada volume tetap, apabila persamaan 6 dinyatakan dalam konsentrasi maka menjadi persamaan 7.

$$N_A = N_{A0} (1 - X) \dots\dots\dots 6$$

$$C_A = C_{A0} (1 - X) \dots\dots\dots 7$$

Apabila persamaan 3 dan 7 digabungkan maka akan diperoleh persamaan 8

$$-\ln (1 - X) = k_{ads} t \dots\dots\dots 8$$

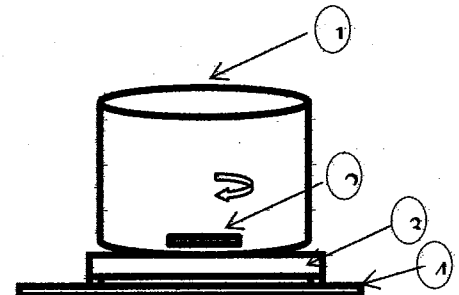
Apabila plot $-\ln (1 - X)$ atau $-\ln C_A / C_{A0}$ terhadap waktu maka akan didapat nilai k_{ads} sebagai slope.

Metode

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Limbah cair industri tekstil yang telah diperiksa kadar warnanya
- b. Abu sekam padi berwarna putih yang telah dikeringkan.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian disusun seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Reaktor batch berpengaduk

Keterangan :

1. Gelas piala
2. Lempeng pengaduk
3. Motor pengaduk
4. Papan penyangga

Pada penelitian ini pada setiap variabel yang diteliti ditetapkan dengan volume 200 ml, dan kecepatan putaran pengadukan 100rpm.

Beberapa variabel yang dipelajari dalam penelitian ini antara lain :

1. Berat serbuk : 5, 10, 15, dan 20 gram
2. Waktu pengadukan yaitu 2.5, 5, 7.5, 10, dan 12.5 menit
3. Reagen yang ditambahkan 2.5, 5 dan 7.5 ml

Prosedur kerja operasional reaktor adalah sebagai berikut:

1. Menyusun alat seperti ditunjukkan gambar 1.
2. Air limbah industri tekstil yang telah dianalisa konsentrasi warnanya (C_{A0}) dimasukkan reaktor dan diukur pH larutannya.
3. Motor pengaduk diaktifkan.
4. Reagen diinjeksikan sesuai dengan dosis penelitian yang telah ditentukan.
5. Memasukkan ASP yang telah dikeringkan kedalam reaktor.
6. Setelah motor pengaduk aktif sesuai dengan variabel, pH larutan diukur larutan diukur kembali dan motor pengaduk dimatikan.
7. Menyaring larutan dan mengukur konsentrasi warnanya.

Prosedur penelitian contoh produk adalah sebagai berikut:

1. Mengambil contoh-contoh bervariasi sesuai dengan variabel yang dipelajari

2. Sampel diperiksa konsentrasi warnanya (C_A) dengan spektrofotometer.
3. Data-data dari hasil analisa warna diolah untuk dimasukkan kedalam persamaan adsorpsi.
4. Menetapkan kinetika berdasarkan persamaan-persamaan adsorpsi.

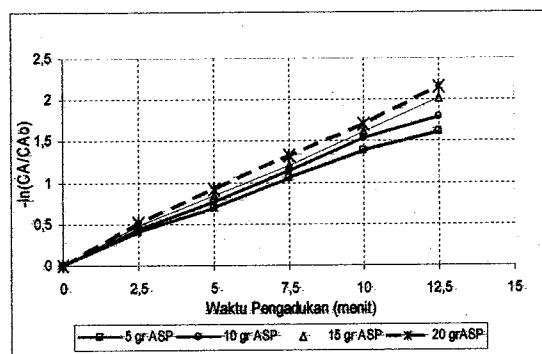
Hasil dan Pembahasan

Pengaruh berat ASP terhadap laju adsorpsi

Pengaruh berat ASP terhadap laju reaksi adsorpsi pada penambahan reagen 2,5 ml. Data kinetika adsorpsi zat warna yang terjadi pada penambahan reagen 2,5 ml diketahui dari tabel 1. Regresi linier dari masing-masing grafik dari masing-masing penambahan berat ASP (Gambar 2.) dapat digunakan untuk menghitung konstanta adsorpsi seperti tertera pada tabel 1. Pada tabel tersebut menunjukkan bahwa semakin besar berat ASP ditambahkan semakin besar pula konstanta adsorpsinya.

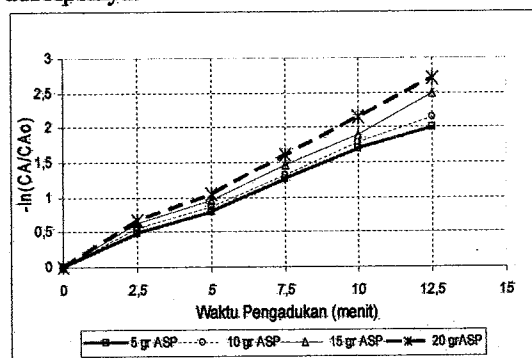
Tabel 1. Laju reaksi adsorpsi pada penambahan reagen 2,5 ml

Berat ASP (gr)	Waktu (t) menit	C_A / C_{A0}	$-\ln C_A / C_{A0}$	k_{ads}
5	2,5	0.667	0.405	0,135
	5	0.500	0.693	
	7,5	0.350	1.049	
	10	0.250	1.386	
	12,5	0.200	1.609	
10	2,5	0.650	0.431	0,149
	5	0.467	0.762	
	7,5	0.317	1.150	
	10	0.217	1.529	
	12,5	0.183	1.792	
15	2,5	0.617	0.483	0,162
	5	0.433	0.386	
	7,5	0.300	1.204	
	10	0.200	1.609	
	12,5	0.133	2.015	
20	2,5	0.600	0.511	0,173
	5	0.400	0.916	
	7,5	0.267	1.322	
	10	0.183	1.696	
	12,5	0.117	2.148	



Gambar 2. Hubungan berat ASP terhadap $-\ln C_A/C_{A0}$ pada penambahan reagen 2,5 ml.

Pengaruh berat ASP terhadap laju reaksi adsorpsi pada penambahan reagen 5 ml. Regresi linier dari masing-masing grafik dari masing-masing penambahan berat ASP (Gambar 3.) dapat digunakan untuk menghitung konstanta adsorpsi seperti tertera pada tabel 2. Pada tabel tersebut menunjukkan bahwa semakin besar berat ASP ditambahkan semakin besar pula konstanta adsorpsinya.



Gambar 3. Hubungan berat ASP terhadap $-\ln C_A/C_{A0}$ pada penambahan reagen 5 ml.

Tabel 2. Laju reaksi adsorpsi pada penambahan reagen 5 ml

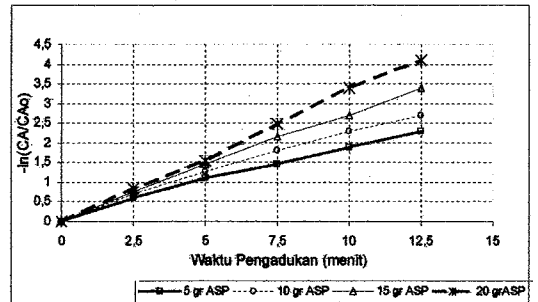
Berat ASP (gr)	Waktu (t) menit	C_A / C_{A0}	$-\ln C_A / C_{A0}$	k_{ads}
5	2,5	0.617	0.483	0,165
	5	0.450	0.798	
	7,5	0.283	1.261	
	10	0.183	1.696	
	12,5	0.133	2.015	
10	2,5	0.567	0.567	0,176
	5	0.417	0.875	
	7,5	0.267	1.322	
	10	0.167	1.792	
	12,5	0.100	2.148	
15	2,5	0.533	0.629	0,196
	5	0.383	0.959	
	7,5	0.233	1.455	
	10	0.150	1.897	
	12,5	0.083	2.485	
20	2,5	0.517	0.660	0,216
	5	0.350	1.050	
	7,5	0.200	1.609	
	10	0.117	2.148	
	12,5	0.067	2.708	

Pengaruh berat ASP terhadap laju reaksi adsorpsi pada penambahan reagen 7,5 ml. Tampilan gambar dari tabel 3 adalah gambar 4.

Tabel 3. Laju reaksi adsorpsi pada penambahan reagen 7,5 ml

Berat ASP (gr)	Waktu (t) menit	C_A / C_{A0}	$-\ln C_A / C_{A0}$	k_{ads}
5	2,5	0.550	0.597	0,191
	5	0.333	1.097	
	7,5	0.233	1.455	
	10	0.150	1.897	
	12,5	0.100	2.302	
10	2,5	0.500	0.693	0,228
	5	0.283	1.261	
	7,5	0.167	1.792	
	10	0.100	2.302	
	12,5	0.067	2.708	
15	2,5	0.467	0.762	0,276
	5	0.233	1.455	
	7,5	0.117	2.148	
	10	0.067	2.708	
	12,5	0.033	3.401	
20	2,5	0.433	0.836	0,330
	5	0.217	1.529	
	7,5	0.083	2.485	
	10	0.033	3.401	
	12,5	0.017	4.094	

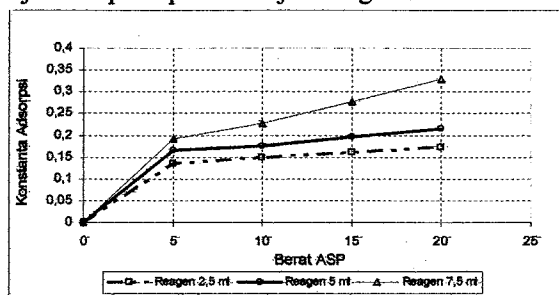
Pada grafik tersebut, regresi linier dari masing-masing grafik dapat digunakan untuk menghitung konstanta adsorpsi pada tabel 3. Pada tabel tersebut menunjukkan bahwa semakin besar berat ASP ditambahkan semakin besar pula konstanta adsorpsinya.



Gambar 4. Hubungan berat ASP terhadap $-\ln C_A/C_{A0}$ pada penambahan reagen 7,5 ml.

Pengaruh Berat ASP terhadap konstanta adsorpsi

Berat ASP berpengaruh terhadap konstanta laju adsorpsi seperti ditunjukkan gambar 5.

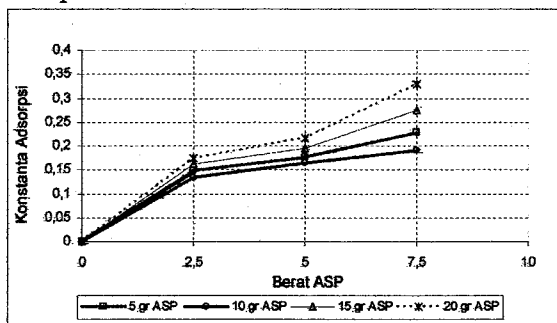


Gambar 5. Hubungan berat ASP dengan konstanta adsorpsi

Dari gambar 5. diketahui bahwa pengaruh penambahan berat ASP terhadap konstanta laju adsorpsi menunjukkan penurunan seiring penambahan ASP. Artinya pada setiap penambahan ASP terjadi penurunan konstanta laju reaksi.

Pengaruh Penambahan volume reagen terhadap konstanta adsorpsi

Penambahan reagen pada adsorpsi zat warna oleh ASP ditunjukkan oleh gambar 6. Pada grafik tersebut diketahui bahwa apabila volume reagen bertambah maka konstanta laju adsorpsi juga bertambah. Artinya setiap kali ditambah reagen ditambah terjadi peningkatan konstanta adsorpsi.



Gambar 6. Hubungan volume reagen dengan konstanta adsorpsi

Perubahan pH

Pada penelitian ini penambahan reagen menyebabkan perubahan pH pada limbah tekstil yang diteliti. Perubahan pH yang terjadi tidak mempengaruhi penurunan warna limbah tekstil tersebut. Limbah tekstil mengalami penurunan pH setiap kali penambahan reagen.

Pada kondisi mula-mula, yaitu sebelum ditambahkan reagen dan ASP pH limbah tekstil adalah 7,6. Setelah penambahan reagen 2,5 ml pH berubah menjadi 4,2. Pada penambahan reagen 5 ml pH turun menjadi 3,8. Sedangkan pada

penambahan reagen 7,5 ml pH larutan menjadi 3,7.

Pada penambahan reagen 2,5 ml, penambahan ASP pada larutan limbah menyebabkan pH mengalami kenaikan 1,2, 2,4, 2,5, dan 2,6 pada penambahan ASP 5, 10, 15 dan 20 gr. Pada penambahan reagen 5 ml, penambahan ASP pada larutan limbah menyebabkan pH mengalami kenaikan 0,1, 0,3, dan 0,5 pada penambahan ASP 10, 15 dan 20 gr. Sedangkan pada penambahan ASP 5 gram pH larutan tetap. Pada penambahan reagen 7,5 ml, penambahan ASP pada larutan limbah menyebabkan pH mengalami kenaikan pada penambahan ASP 15 dan 20 gr dengan masing-masing kenaikan pH 0,2 dan 0,4.

Kenaikan pH tersebut sebagai akibat dari adanya ikatan hydrogen yang terserap oleh silanol (ASP).

Kesimpulan

1. Adsorpsi ASP dengan reagen tawas 10 % b/v terhadap warna limbah tekstil mengikuti orde reaksi satu.
2. Laju adsorpsi yang ditunjukkan oleh konstanta adsorpsi terhadap zat warna pada limbah tekstil dipengaruhi oleh volume reagen yang ditambahkan, semakin besar volume reagen semakin besar konstanta adsorpsi.
3. Semakin besar berat ASP ditambahkan semakin besar pula konstanta adsorpsi.

Daftar Pustaka

- Alaerts, Sumestri. S., 1987, "Metoda Penelitian Air", Usaha Nasional, Surabaya, Indonesia.
- AWWA, 1998, "Standart Methods for Examination of Water and Wastewater", 16th Edition, Washington, DC.
- Carlson, M.A., et.al., 2000 "Comparing Two GAC for Adsorption and Biostabilization", JAWWA, 86:3:91.
- Faust SD, Aly OM. 1999, "Chemistry of Water Treatment", 2nd ed. Boca Raton: Lewis Publisher.
- McKay, G., 1981, Design Models for Adsorption Systm in Waste water Treatment, J. Chem. Technol. Biotechnol. 31, 717.
- Metcalf and Eddy, 1998, "New Engineering Treatment Disposal Reuse", Second Edition, McGraw Hill.
- Mohammed, S El-Geundi, 1991, "Color Removal From Textile Effluents by Adsorption Technique", Water Research 25, 271.
- Sawyer C.N. and P.L.McCarty, 1967, "Chemistry For Sanitary Engineering", Second Edition, McGraw Hill Book Co.,